دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و CA مارکوف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گرین)

علیرضا ایلدرمی[۱]، حمید نوری[۲]، مهین نادری[۳]، سهیلا آقابیگی امین[۴] و حسین زینی وند[۵]

۱ و ۲- دانشیار و استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ملایر
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه ملایر، (نویسنده مسوول: mahinnaderi70@yahoo.com)
۴- استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی
۵- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه لرستان
تاریخ دریافت : ۹۴/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۵

چکیده

پیش‌بینی تغییرات آتی کاربری اراضی می‌تواند در برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت جامع اکوسیستمی حوزه‌های آبخیز گام مهمی باشد. روش‌های متنوعی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی کاربری اراضی وجود دارد که از آن‌ها می‌توان به مدل زنجیره‌ی مارکوف و CA مارکوف اشاره کرد. در این تحقیق به منظور پیش‌بینی کاربری اراضی حوزه آبخیز گرین از تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۹۸٦، ۲۰۰۰، ۲۰۱٤، مدل مارکوف و CA مارکوف استفاده شد و نقشه کاریری اراضی سال ۲۰٤۲ پیش‌بینی گردید. همچنین به منظور بررسی دقت طبقه بندی نقشه‌های کاربری تهیه شده دقت کلی و ضریب کاپا برای تصاویر طبقه‌بندی شده ، به‌دست آمد و مشاهده شد که دقت کلی و ضریب کاپای آن بیش از ۰/۹۰ است که نشان دهنده دقت بالای طبقه‌بندی این تصاویر است. نتایج نشان می‌دهد که در صورت ثابت ماندن روند تغییرات دوره پایه ۱۹۸٦ تا ۲۰۱٤، این منطقه شاهد افزایش ۵/۷۷ درصدی مساحت جنگل و کاهش٦/۳٤ درصدی مساحت مرتع تا سال ۲۰٤۲ خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای لندست، حوزه آبخیز گرین، کاربری اراضی، مدل مارکوف، CA مارکوف

مقدمه

کاربری اراضی شامل انواع بهره‌برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان است. یکی از پیش شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای کاربری اراضی و دانستن تغییرات هرکدام از کاربری‌ها در طول زمان است (۶). تغییر کاربری اراضی یکی از اقدامات عامل انسان است که می‌تواند بر کیفیت آب تاثیرگذار باشد. نقش این عامل از نظر کاهش کیفیت فیزیکی آب به صورت تغییر گل‌آلودگی و کدورت آب از طریق ورود رسوبات ناشی از شکل‌گیری انواع فرسایش‌های آبی و بادی جای تردید ندارد (۲۱). تغییر کاربری و پوشش زمین معمولا در دو شکل تبدیل و تغییر اتفاق می‌افتد. تبدیل کاربری (تغییر جنگل و مرتع به کاربری‌های دیگر) به طور مستقیم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای قابل ردیابی است (۲۲،۱۴). ولی تغییرات در داخل همان کاربری مانند تغییرات کیفی ناشی از چرای مفرط دام، بوته کنی و تخریب‌های دیگر است که معمولا به سختی با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور قابل ردیابی است (۲۲،۱۵). ارزیابی تغییرات عبارت از فرآیند تشخیص و تفکیک تفاوت‌ها در وضعیت یک کاربری یا پدیده مورد نظر در زمان‌های متفاوت با استفاده از تصاویر پدیده مورد نظر است. با ارزیابی تغییرات کاربری یک پدیده خاص در سطح زمین در طول زمان فهم بیش‌تری از ارتباط متقابل بین انسان و پدیده‌های طبیعی حاصل و امکان برنامه‌ریزی و مدیریت اراضی، برای کاهش اثرات تخریب با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور در عرصه وسیع، با دقت بالا و هزینه کم امکان‌پذیر می‌گردد. در مطالعه تغییرات باید بررسی لازم در ارتباط با تغییرات سطح کاربری یا پوشش زمین، نرخ تغییرات و توزیع فضایی آن‌ها انجام گردد و همچنین روند تغییرات حاکم برکاربری‌های مختلف بررسی و ارزیابی صحت نتایج انجام شود (۱۴). از جمله روش‌هایی که برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی وجود دارد می‌توان به مدل معادلات ریاضی، مدل سیستم، مدل آماری، مدل تکاملی، مدل Cellular و مدل هیبرید اشاره کرد. مدل Cellular شامل مدل‌های مارکوف و CA[۱] مارکوف است (۱۹). بررسی تبدیل کاربری‌های مختلف و امکان پیش‌بینی آن‌ها در آینده با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف، قابل انجام است (۱۶). می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را با پیش‌بینی تغییرات کاربری، مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (۱۱،۹،۳).

رحمانی و همکاران (۲۱) در تحقیقی به بررسی آثار هیدرولوژیک تغییر کاربری اراضی طی ۳۰ سال اخیر در حوزه کسیلیان پرداختند. در این تحقیق از تصاویر سنجنده‌های MSS، ETM+ و LISSIII به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۵۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۶ برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی حوزه استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد طی این دوره ۲۵۱/۹ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه کاسته و همچنین طی این دوره ۳۰ ساله ۱۱/۲ مترمکعب برثانیه به دبی اوج و ۹۸/۸ مترمکعب به حجم رواناب افزوده شده، که نشان‌دهنده تأثیر کاهش اراضی جنگلی و افزایش مراتع بر دبی اوج و حجم رواناب حوزه است .بنابراین، تغییرات اندک روی کاربری منطقه باعث تغییرات محسوس بر دبی اوج و حجم رواناب حوزه کسیلیان گردید. همچنین شنایی هویزه و همکاران (۲۲) در مطالعه‌ای به بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز ابوالعباس (در دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۶۹) با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای پرداختند. برای

1- Cellular Automata

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]

تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد. سپس تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی با دقت قابل قبولی در هشت کلاس کاربری (زراعت دیم، زراعت آبی و باغات، جنگل انبوه، جنگل نیمه‌انبوه، جنگل تنک، مراتع متوسط، مراتع فقیر و مناطق مسکونی) طبقه‌بندی شدند. در نهایت نقشه‌های کاربری اراضی حاصله مورد مقایسه قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل تغییرات نشان داد که مساحت جنگل‌های انبوه و نیمه‌انبوه در طی این سال‌ها به ترتیب ۸/۴۸ و ۱۲/۲۶ درصد کاهش یافتند و جای خود را به جنگل‌های تنک شده و مراتع دادند که هر کدام به ترتیب ۱۰/۳۹ و ۱۲/۳۵ درصد افزایش یافتند، هم‌چنین اراضی کشاورزی (زراعت دیم، زراعت آبی و باغات) به طور کلی ۱/۷۹ درصد کاهش و مناطق مسکونی نیز در این سال‌ها ۰/۱۹ درصد افزایش یافتند. با توجه به این که پوشش زمین در این دوره دستخوش تغییر شده است، این تغییرات می‌توانند علاوه بر اثرات منفی بر محیط زیست و منابع طبیعی، سبب افزایش بلایای طبیعی مانند سیل شود. غلامعلی فرد و همکاران (۷) تغییرات کاربری اراضی مناطق ساحلی مازندران را با استفاده از مدل LCM[1] و تصاویر ماهواره‌ای مدل‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۹۰ مساحت جنگل و اراضی باز (به ترتیب ۹۹۸۸ و ۴۲۹ هکتار) کاهش می‌یابد و کاربری کشاورزی و مسکونی (به ترتیب ۸۶۰۷ و ۲۸۱۰ هکتار) افزایش می‌یابد.

پونتیوس و مالانسون (۱۸) در ماساچوست مرکزی آمریکا با استفاده از مدل CA مارکوف و ارزیابی چند معیاره و به کاربردن نقشه‌های کاربری سه زمان مختلف تغییرات کاربری اراضی را پیش‌بینی کردند. هنریکویز و همکارانش (۱۰) با استفاده از روش CA مارکوف و کاربرد نقشه‌های پوشش/ کاربری زمین مربوط به سه زمان متفاوت که از تصاویر فتوگرامتری هوایی استخراج گردیده، رشد شهری لوس آنجلس کشور شیلی را شبیه‌سازی کردند. کاموسکو و همکاران (۱۲) با استفاده از مدل CA مارکوف و داده‌های ماهواره‌ای چهار زمان مختلف، تغییرات کاربری زمین در آینده، در مناطق روستایی شمال شرقی مرکز ماشونالند[2] کشور زیمباوه را شبیه‌سازی کردند.

عبدالکاوی و همکاران (۱) برای آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی از مقایسه بعد از طبقه‌بندی استفاده کردند و برای تهیه نقشه کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی نظارت شده و ۴ تصویر ماهواره لندست[6] استفاده کردند. یکی از دلایل انتخاب حوضه گرین برای انجام تحقیق حاضر، ساخت سد گرین در در این حوضه و خطر پر شدن مخزن سد و کاهش عمر مفید آن به دلیل وقوع سیلاب‌های فصلی وتاثیری که کاربری اراضی حوضه براین امر دارد بوده است.

هدف از انجام این تحقیق بررسی تغییر کاربری اراضی حوزه آبخیز گرین و پیش‌بینی کاربری اراضی این حوزه آبخیز در آینده بوده که با توجه به این تغییرات اقدامات مدیریتی مناسب در این حوزه آبخیز می‌تواند صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

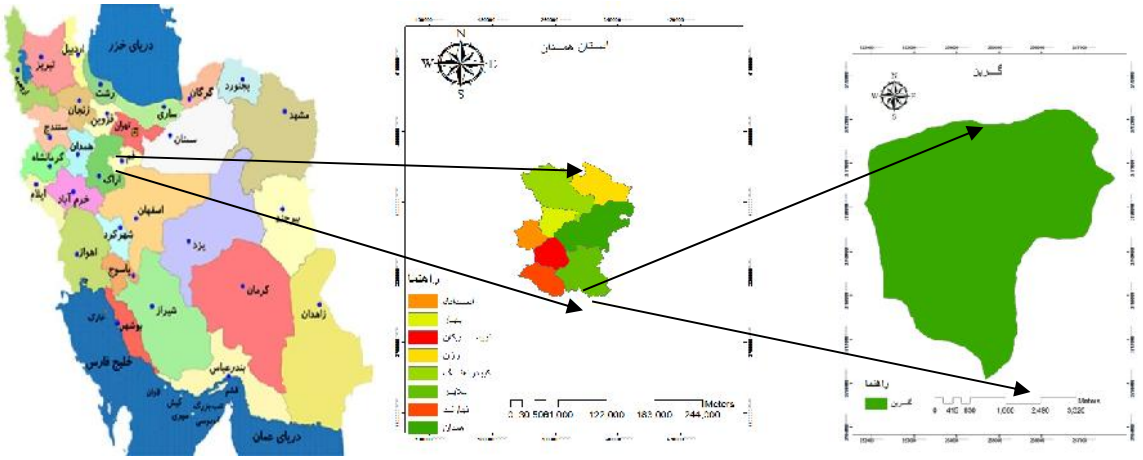
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در غرب ایران در محدوده عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و صفر دقیقه و ۲۵ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۳دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی در دامنه رشته‌کوه‌های زاگرس واقع شده است و از نظر تقسیمات کشوری به استان همدان تعلق دارد. این محدوده شامل حوزه آبخیز رودخانه سراب گاماسیاب تا محل سد مخزنی گرین است، و مساحت آن تا محل سد گرین ۲۲ کیلومتر مربع است، که بخشی از حوزه آبخیز رودخانه گاماسیاب و سرشاخه‌های رودخانه سیمره می‌باشد. این حوزه آبخیز عمدتا کوهستانی بوده و دامنه تغییرات ارتفاعی آن از ۱۷۷۰ متر تا ۳۵۳۵ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد، ارتفاع متوسط آن حدود ۲۴۶۶ متر است. کاربری اراضی عمده در این حوزه آبخیز شامل اراضی مرتعی، جنگل دست کاشت، جنگل طبیعی و اراضی فاقد پوشش و صخره‌ای است. (شکل ۱).

اطلاعات مورد نیاز جهت انجام این تحقیق شامل: تصویر ماهواره لندست مربوط به سال ۱۹۸۶ (سنجنده TM) و تصاویر سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ (سنجنده ETM) است، چون وسعت منطقه مورد مطالعه ۲۲ کیلومتر مربع بوده و کوچکتر از ۱۸۵ کیلومترمربع که سطح پوشش تصاویر لندست است از تصاویر این ماهواره استفاده گردید. در جدول (۱) مشخصات تصاویر مورد استفاده آورده شده است.

1- Land Change Modeler
2- Mashonaland

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز گرین در استان همدان و در ایران
Figure 1. Green area in the province of Hamedan and in Iran

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده
Table 1. Specifications of used satellite images

نام ماهواره	سنجنده	شماره باند	محدوده طیفی(میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)	ابعاد پوشش (کیلومتر)	سال اخذ تصویر
لندست- ۵	TM	۱	۰/۴۵-۰/۵۲	۳۰	۱۸۵×۱۸۵	۱۹۸۶
		۲	۰/۵۲-۰/۶۰	۳۰		
		۳	۰/۶۳-۰/۶۹	۳۰		
		۴	۰/۷۶-۰/۹۰	۳۰		
		۵	۱/۵۵-۱/۷۵	۳۰		
		۶	۱۰/۴-۱۲/۵۰	۱۲۰		
		۷	۲/۰۸-۲/۳۵	۳۰		
لندست-۷	ETM	۱	۰/۴۵-۰/۵۱۵	۳۰	۱۸۵×۱۸۵	۲۰۰۰
		۲	۰/۵۲۵-۰/۶۰۵	۳۰		
		۳	۰/۶۳-۰/۶۹	۳۰		
		۴	۰/۷۵-۰/۹۰	۳۰		۲۰۱۴
		۵	۱/۵۵-۱/۷۵	۳۰		
		۶	۱۰/۴-۱۲/۵	۶۰		
		۷	۲/۰۹-۲/۳۵	۳۰		
		۸	۰/۵۲-۰/۹۰	۱۵		

مراحل و روش اجرا

پردازش تصاویر

در این تحقیق به منظور تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در نرم‌افزار ENVI پردازش گردید. که این کار شامل مراحل زیر است:

۱- انتخاب باندها به منظور طبقه بندی:

سنجنده‌هایMSS، TMوETM+ به ترتیب به دلیل داشتن ۴، ۷ و ۸ باند مختلف تصویر رنگی کاذب زیادی را ارائه می‌دهند. و بهترین ترکیبات باندی در MSS، ۴۳۲، در TM، ۴۵۷، ۳۴۷ و ۱۴۶ و در ETM+، ۳۴۷، ۴۵۷ و ۴۳۲ است که به ترتیب در RGB قرار داده شده است (۲). در این تحقیق از ترکیب باندی ۴۳۲ استفاده می‌شود.

۲- تصاویر ترکیب شده با توجه به مرز حوزه آبخیز مورد مطالعه برش داده شد و آماده پردازش شدند.

۳- با توجه به نقشه کاربری موجود که توسط اداره منابع طبیعی همدان تهیه شده بود و استفاده از گوگل ارث روی تصویر چندضلعی‌هایی به عنوان نمونه‌های تعلیمی انتخاب گردید. در این قسمت چهار کلاس کاربری، جنگل دست‌کاشت، جنگل طبیعی، مرتع و اراضی فاقد پوشش (صخره‌ای) در نظر گرفته شدند.

۴- تصاویر مذکور با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده Maximum Likelihood طبقه‌بندی شدند. و در نهایت نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز مورد مطالعه با چهار کلاس کاربری جنگل دست‌کاشت، جنگل طبیعی، مرتع و اراضی فاقد پوشش و صخره ای تهیه شد.

۵- سپس دقت طبقه بندی تصاویر با استفاده از داده‌های واقعی بدست آمده از نقشه کاربری تهیه شده توسط اداره منابع طبیعی همدان که مربوط به سال ۲۰۱۳ بوده و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و برداشت داده‌های زمینی تهیه شده بود، مورد بررسی قرار گرفت.

۶-نقشه‌های تولید شده وارد نرم‌افزار ArcGIS شده و محاسبات مورد نیاز از جمله تعیین مساحت و درصد مساحت هر کاربری روی آن‌ها انجام شد. پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به منظور بررسی دقت طبقه‌بندی، دقت کلی[1] و ضریب کاپا[2] محاسبه گردید.

1- Overall Accuracy
2- Kapa Coefficient

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]

دقت کلی

دقت کلی در بیان دقت نتایج به‌دست آمده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی، مورد استفاده قرار می‌گیرد که از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$OA = \frac{1}{N}\sum Pii$$

که در آن OA: صحت کلی، N: تعداد کل پیکسل‌های آزمایش، $\sum Pii$: جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا است (۲۰،۲۳).

ضریب کاپا

جهت برآورد ضریب کاپا از فرمول زیر استفاده می‌شود که در آن PO درستی مشاهده شده و PC توافق مورد انتظار است (۲۳).

$$Kappa = \frac{Po-Pc}{1-Pc} \times 100$$

مقدار ضریب کاپا بین صفر تا ۱ متغییر است که ضریپ کاپای معادل ۱ نشان‌دهنده یک طبقه‌بندی کاملا صحیح و مقدار صفر نشان‌دهنده تصادفی بودن طبقه‌بندی و منفی نشان‌دهنده خطای طبقه‌بندی است (۲۰).

پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی

ازمدل زنجیره‌ای مارکوف و فیلتر CA برای پیش‌بینی تغییرات آینده استفاده شده است.

زنجیره مارکوف

زنجیره مارکوف، دنباله‌ای از فرایندهای تصادفی است که در آن نتیجه هر فرایند در هر زمان، تنها به نتیجه فرآیند در زمان مجاور آن وابسته است (۱۷).

زنجیره مارکوف توسط تعدادی از وضعیت‌ها و احتمال تغییر بین وضعیت‌ها تعیین می‌گردد. فرایند تصادفی $X =[X_t, t \in N]$ یک زنجیره مارکوف است اگر برای هر $t \in N$ و $j \in S$ (که در آن S یک مجموعه قابل شمارش است)، شرط زیر برقرار باشد (۸).

$$P\,[X_{t+1}= j|X_1= j_1, X_2 = j_{2,00000,} X_t = j_t] = P\,[X_{t+1} = j| X_t = j_t]$$

در عبارت بالا P احتمال شرطی است و بیان می‌کند که نتیجه فرایند در زمان t+1 تنها به شرایط در زمان t بستگی دارد. احتمال شرطی P_{ij}، $P\,[X_{t+1} = j|\ X_t = i]$ برای $j \in S$ و i، احتمال تغییر وضعیت سیستم از حالت از i به j نامیده می‌شود که به صورت زیر تعریف می‌گردد (۸):

$$P_{ij} = P\,[X_{t+1}= j|X_1= j\ |X =i] = \frac{N[X_t=i\ ,X_{t+1}=j]}{N[X_t=i]}$$

$N\,[X_t = i\ ,\ X_{t+1}=j]$: تعداد تغییرات از وضعیت i به وضعیت j

$N\,[X_t =i]$: تعداد کل دوره‌های قرار گرفته در وضعیت i

زنجیره مارکف دارای یک ماتریس تبدیل وضعیت است.

مدل‌های مبتنی بر زنجیره مارکف اطلاعات پیچیده را در قالب ماتریس تغییر وضعیت گردآوری می‌کنند. از این رو با کمک زنجیره مارکف سیستم‌های بسیار پیچیده و مرکب که در آن فرآیندهای زیربنایی قابل شناسایی نیستند را می‌توان مدل‌سازی نمود (۴). در مطالعات تغییر کاربری اراضی روش مارکف توزیع مساحتی کاربری زمین در انتهای یک دوره زمانی را با استفاده از توزیع کاربری در ابتدای دوره و یک ماتریس تغییر وضعیت پیش‌بینی می‌کند. این ماتریس تغییر وضعیت با توجه به تغییرات مشاهده شده در گذشته بدست می‌آید و برای پیش‌بینی کاربری‌ها در زمان آتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳).

مدل CA- Markov

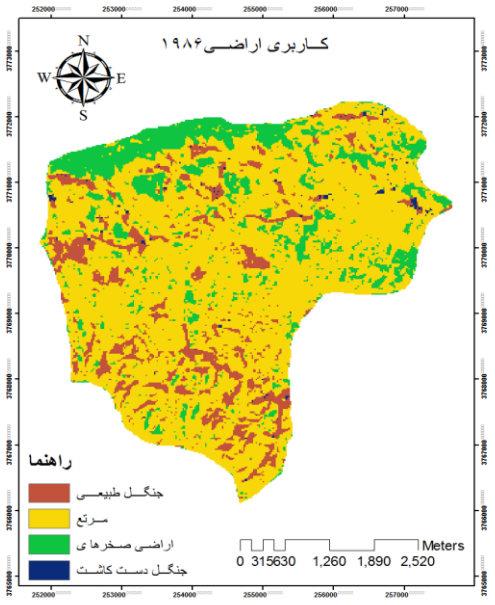
این مدل تلفیقی از مدل سلول‌های خودکار، زنجیره مارکوف و مدل تخصیص چند منظوره اراضی (MOLA) است که به منظور پیش‌بینی تغییرات آینده کاربری اراضی بکار می‌رود. ابتدا با بکارگیری مدل زنجیره مارکف احتمال تغییر طبقات نقشه کاربری اراضی به یکدیگر در قالب یک ماتریس تغییر وضعیت کاربری‌ها و بر مبنای تغییرات صورت گرفته از زمان T0 تا T1 محاسبه می‌شود. خروجی مدل مارکف که همان ماتریس تغییر وضعیت است از لحاظ ماهیت غیرمکانی است، یعنی در آن هیچ دانش و آگاهی از موقعیت جغرافیایی کاربری‌های زمین وجود ندارد. برای پیش‌بینی موقعیت مکانی کاربری‌ها (نقشه کاربری اراضی) در زمان آتی از مدل CA- Markov که مؤلفه‌های مجاورت مکانی و دانش کاربر نسبت به توزیع مکانی احتمال تبدیل کاربری‌ها را به مدل زنجیره مارکف اضافه می‌کند، استفاده می‌شود (۱۳). در این پژوهش از نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۶ و ۲۰۱۴ استفاده شد تا نقشه سال ۲۰۴۲ پیش‌بینی شود. و به منظور بررسی دقت پیش‌بینی توسط CA مارکوف با استفاده از نقشه کاربری سال ۱۹۸۶ و ۲۰۰۰، نقشه سال ۲۰۱۴ را پیش‌بینی کرده و با نقشه‌ای که از طریق طبقه‌بندی نظارت شده برای این سال به‌دست آمده است مقایسه شد.

نتایج و بحث

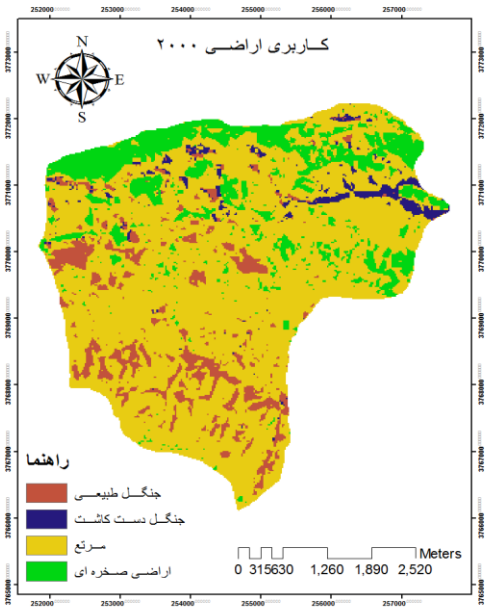
در این تحقیق ترکیب باندی ۴، ۳و ۲ برای تصاویر ماهواره ای به‌کار برده شده استفاده شد و با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده و روش Maximum Likelihood تصاویر مربوط به سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ طبقه‌بندی شده و نقشه کاربری اراضی مربوط به این سال‌ها تهیه شد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

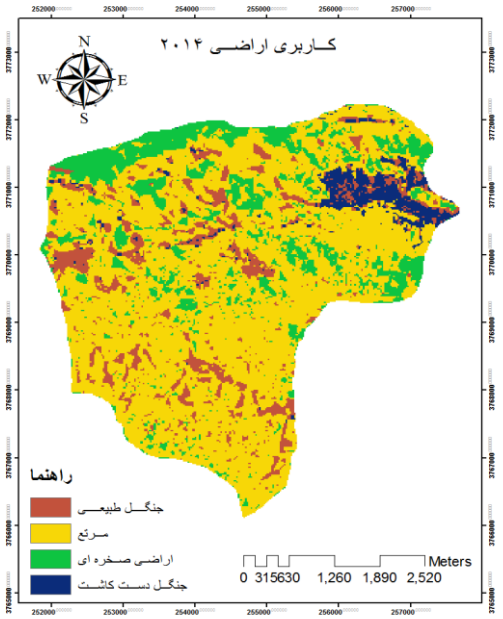
[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۶
Figure 2. Land use Map of 1986



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰
Figure 3. Land use Map of 2000



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۴
Figure 4. Land use Map of 2014

دقت کلی و ضریب کاپا برای تصاویر طبقه‌بندی شده ، به دست آمده (جدول ۲) و مشاهده می‌شود که دقت کلی و ضریب کاپا هر دو بالاتر از ۰/۹۰ هستند، بر اساس منابعی نظیر مونت سرود و لیمنز (۱۹۹۲)، دلاپیان و اسمیت (۱۹۹۹)، لفسی و کوهن (۲۰۰۳)، استهمن (۲۰۰۴)) ضریب کاپا و دقت کلی بالاتر از ۰/۷۰ به عنوان دقت خیلی خوب ذکر شده است.

جدول ۲- شاخص کاپا و دقت کلی (Kappa coefficient and Overall accuracy)

تصویر و سال	شاخص کاپا	دقت کلی
TM۱۹۸۶	۰/۹۴	۰/۹۶
ETM+۲۰۰۰	۰/۹۵	۰/۹۷
ETM+۲۰۱۴	۰/۹۳	۰/۹۵

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]

نقشه کاربری اراضی سال۲۰۱۴ به منظور ارزیابی مدل مارکوف با استفاده از ماتریس تبدیل وضعیت سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۰ مدل مارکوف و فیلتر CA تهیه شد. نتیجه مربوط به ارزیابی دقت پیش‌بینی توسط مدل زنجیره‌ای مارکوف، برای سال ۲۰۱۴ در جدول (۳) آمده است. با توجه به این جدول مشاهده می‌شود که اختلاف مساحت کلاس‌های کاربری پیش‌بینی شده و مشاهداتی کمتر از ۸ درصد است. که طبق نظر باکر این رقم نشان دهنده مفید بودن و قابلیت استفاده از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات کاربری است (۵).

جدول ۳- نتایج مربوط به دقت پیش‌بینی مارکوف

Table 3. Results of Markov's prediction accuracy

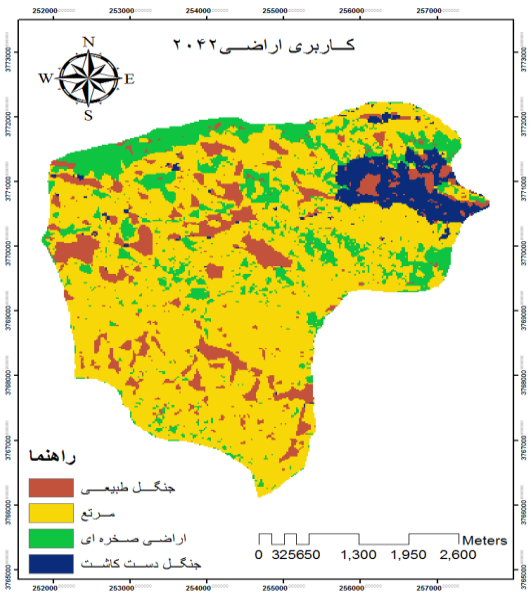
نام کلاس	جنگل طبیعی	جنگل دست‌کاشت	اراضی مرتعی	اراضی بدون پوشش و صخره‌ای
پیش‌بینی برای سال ۲۰۱۴ (کیلومتر)	۲/۳۷	۰/۹۸	۱۵/۰۸	۲/۶۱
مساحت در نقشه سال ۲۰۱۴ (کیلومتر)	۲/۳۵	۰/۸۵	۱۴/۶	۳/۲۳
اختلاف مساحت کاربری‌های پیش‌بینی شده و مشاهداتی (کیلومتر)	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۴۸	۰/۶۳
درصد اختلاف مساحت کاربری‌های پیش‌بینی شده و مشاهداتی	۰/۰۷ درصد	۰/۵۹ درصد	۲/۲۹ درصد	۲/۹۵ درصد

با استفاده از ماتریس تبدیل وضعیت سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴ نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۴۲ پیش‌بینی شده است شکل (۵). طبق این نقشه مساحت جنگل دست‌کاشت و جنگل طبیعی در حوزه آبخیز مورد مطالعه افزایش و مساحت مرتع کاهش خواهد یافت. در صورت ثابت ماندن روند تغییرات دوره پایه در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴، این منطقه شاهد افزایش ۵/۷۷ درصدی مساحت جنگل و کاهش ۶/۳۴ درصدی مساحت مرتع تا سال ۲۰۴۲ خواهد بود. در جدول (۴)، مساحت کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- مساحت کاربری اراضی سال ۱۹۸۶ و ۲۰۴۲

Table 4. Area of Land use in years 1986 and 2042

نام کلاس	جنگل طبیعی	جنگل دست‌کاشت	اراضی مرتعی	اراضی بدون پوشش
مساحت ۱۹۸۶(کیلومتر)	۲/۴۱	۰/۱	۱۵/۴۴	۳/۰۸
مساحت ۲۰۴۲(کیلومتر)	۲/۵۹	۱/۱۳	۱۴/۱۲	۳/۱۹



شکل ۵- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۴۲

Figure 5. Land use Map of 1986

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]

در تحقیق حاضر به منظوربررسی تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز گرین از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه سنجش از دور استفاده گردید و پس از تهیه نقشه کاربری اراضی هر دوره نقشه کاربری اراضی آتی این حوزه آبخیز تهیه شد. این تحقیق نشان می‌دهد که داده‌های سنجش از دور توانایی بالایی در استخراج انواع نقشه‌های کاربری اراضی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی دارند. در این تحقیق از روش Maximum Likelihood برای طبقه‌بندی تصاویر استفاده شد. ضرایب صحت به‌دست آمده نشان دهنده دقت بالای این طبقه‌بندی است. در این تحقیق با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۴ که از طریق پردازش تصاویر ماهواره‌ای بدست آمد و مدل زنجیره مارکوف و CA مارکوف، نقشه کاربری اراضی مربوط به سال ۲۰۴۲ پیش‌بینی شد. کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۴۲ نشان می‌دهد که در صورت ادامه یافتن روند تغییرات کاربری اراضی مطابق سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴ حوزه آبخیز گرین شاهد افزایش مساحت جنگل و کاهش مساحت مراتع خواهد بود که این افزایش مساحت جنگل در هردو نوع جنگل دست‌کاشت و طبیعی قابل مشاهده است. نقشه حاصل از زنجیره مارکوف و فیلتر CA در حوزه آبخیز مورد مطالعه نشان دهنده این مطلب است که در صورت ثابت ماندن روند تغییرات دوره پایه ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴، این منطقه شاهد افزایش ۵/۷۷ درصدی مساحت جنگل و کاهش ۶/۳۴ درصدی مساحت مرتع تا سال ۲۰۴۲ خواهد بود. با توجه به اختلاف ناچیز بین نتایج پیش‌بینی و نقشه های موجود که به منظور بررسی دقت پیش‌بینی مدل CA مارکوف استفاده گردید، مدل مارکوف و CA مارکوف دارای قابلیت خوبی در پیشبینی تغییرات کاربری اراضی هستند، البته این پیش‌بینی را با در نظر گرفتن اینکه روند تغییرات گذشته در آینده هم ادامه پیدا کند، انجام می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل از این پیش‌بینی‌ها می‌توان در جهت مدیریت درست حوزه‌های آبخیز و اتخاذ تدابیر مدیریتی درست و متناسب با شرایط حوزه‌ها و جلوگیری از تغییرات نا مناسب و کاهش خسارات در آینده اقدام کرد.

منابع

1. Abd El-Kawy, O.R., J.K. Rod, H.A. Ismail and A.S. Suliman.2011. Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. Applied Geography, 31(2): 483-494.
2. Akbari, M. 2010. Evaluation and classification of desertification by RS and GIS in the arid area of north of Isfahan. Master thesis, Natural Resources Faculty, Isfahan University, 68-71(In Persian).
3. Brown, D.G., B.C. Pijanowski and J.D. Duh. 2000. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. Journal of Environmental Management, 59: 247-263.
4. Balzter, H. 2000. Markov chain models for vegetation dynamics. Ecological Modelling, 126: 139-154.
5. Baker, W.L. 1989. A review of models of landscape change. Landscape Ecology, 2: 111-133.
6. Feizi Zade, B. 2007. Comparison of pixel-based and object-oriented methods in the availability of land use maps. Master thesis, Literature and Human Sciences faculty, Tabriz University (In Persian).
7. Gholam Ali Fard, M., Sh. Jvrabyan Shushtarî, S.H. Hosseini Kahnooj and M. Mirzaee. Modeling land use changes in the coastal province using LCM. Journal of Ecology. 4: 124-109.
8. Hakimpour, A. 1997. Managerial decision making. Ghods Razavi press, 200 pp (In Persian).
9. Hathout, S. 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urbangrowth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. Journal ofEnvironmental Management, 66: 229-238.
10. Henríquez, C., G. Azócar and H. Romero. 2006. Monitoring and Modeling the urbanGrowth of Two Mid-sized Chilean Cities, Habitat International, 30: 945-964.
11. Jenerette, G. Darrel and Wu. Jianguo. 2001. Analysis and simulation of landuse change in the central Arizona-Phonix region, USA Landscapeecology, 16: 611-626.
12. Kamusoko, C., M. Aniya, B. Adi and M. Manjoro. 2009. Rural Sustainability underThreat in Zimbabwe – Simulation of Future Land Use /cover Changes in theBindura District Based on the Markov-Cellular Automata Model, AppliedGeography, 29: 435-447.
13. Khoshgoftar, M.M., M. Tallei and P. Malek pour. 2010. Spatial-temporal modeling of urban scattering, by automated cell based approach and Marcov chain. National Geomatic conference. 9 (In Persian).
14. Lu, D., P. Mausel, E. Brondi'Zio and E. Moran. 2004. Change detection techniques. International Journal of Remote Sensing, 25: 2365-2407.
15. Lefsky, M.A. and W.B. Cohen. 2003. Selection of remotely sensed data, pp: 13-46. In: Wulder, M.A., and Franklin, S.E. (eds.), remote sensing of forest environments: concepts and case studies, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
16. Muller, M.R. and J. Middleton. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario and Canada. Landscape Ecology, 9: 151-157.
17. Norris, J.R. 1997. Markov Chains. Cambridge University Press, 237 pp.
18. Pontius, R.G. and J. Malanson. 2005. Comparison of the Structure andAccuracy of Two Land Change Models, International Journal of Geographical Information Science, 19(2): 243-265.
19. Parker, D.C., S.M. Manson, M.A. Janssen. M.J. Hoffmann and P. Deadman. 2002. Malti agent systems for the simulation of land use and land cover change: a Review. 43.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]

20. Rezai Lyvary, V. 2012. Comparison Pixel-Based, Object-Oriented Methods and Effective Parameters in Classification Land Cover/ Land Use of West Province Azerbaijan. Physical Geography Resear Quarterly, Tehran University, 71: 73-84 (In Persian).
21. Rahmani, N., K. Shahedi, K. Soleimani and M.H. Miryaghoubzadeh. Evaluation of the Land use Change Impact on Hydrologic Characteristics (Case Study: Kasilian Watershed). Journal ofWatershed Management Research, 7(13): 23-32.
22. Shanani Hoveyzeh, S.M. and H. Zarei. 2017. Investigation of Land Use Changes During the Past Two Last Decades (Case Study: Abolabas Basin), Journal of Watershed Management Research, 7(14): 237-244.
23. Shaabani, H.M. 2003. The impact of land use in sediment yield of watersheds (case study: Taleghan watershed). Master thesis, Natural Resources faculty, Tehran University, 145 pp (In Persian).
24. Ustine, S.L. 2004. Remote sensing for natural resource management and environmental monitoring. Third Edition, 4, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. USA, 522 pp.
25. Yousefi, P., D. Taze, Q. Mirzaee, H.F. Moradi and Sh. Rich. 2011. Comparison of different classification algorithms for satellite images to map land use (Case of the city of light). The use of remote sensing and GIS in Natural Resource Sciences, Second year, 2: 15-25 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]

Land use Change Prediction using Markov Chain and CA Markov Model (Case Study: Gareen Watershed)

Alireza Ildoromi[1], Hamid Nori[2], Mahin Naderi[3], Soheila Aghabeigi Amin[4] and Hossein Zeinivand[5]

1 and 2- Associate Professor and Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, University of Malayer
3- M.Sc. Student, Department of Range and Watershed Management, University of Malayer, (Corresponding author: Mahinnaderi70@yahoo.com)
4- Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture, Razi University
5- Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Lorestan University
Received: 11 May 2015 Accepted: 27 July 2015

Abstract

Land use change prediction is an important factor in appropriate planning and integrated ecological management of watersheds. There are various methods for modeling and prediction of land use, i.e. Markov chain and CA Markov. In this research, for predicting the land use of Gareen watershed in Iran in 2042, Landsat satellite images of 1986, 2000 and 2014, and the Markov chain and CA Markov was used. In addition, for assessing the accuracy of land use classification, overall accuracy and Kappa coefficient were used. Overall accuracy and Kappa coefficient was obtained higher than 90% that indicate high accuracy of images classification. Results showed that in case of the land use fixed trend during 1986 to 2014, the watershed forest area will increase 5.77% and rangeland area will decrease 6.34% in 2042.

Keywords: Landsat satellite images, Garin watershed, Land use, Markov Model, CA Markov

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.29252/jwmr.8.16.232]